



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 00 407 A 1

51 Int. Cl. 7:  
A 47 L 5/00  
A 47 L 11/24  
A 47 L 11/40  
B 25 J 13/08

21 Aktenzeichen: 100 00 407.5  
22 Anmeldetag: 3. 1. 2000  
43 Offenlegungstag: 12. 7. 2001

DE 100 00 407 A 1

71 Anmelder:  
Sommer, Volker, Dr.-Ing., 13503 Berlin, DE

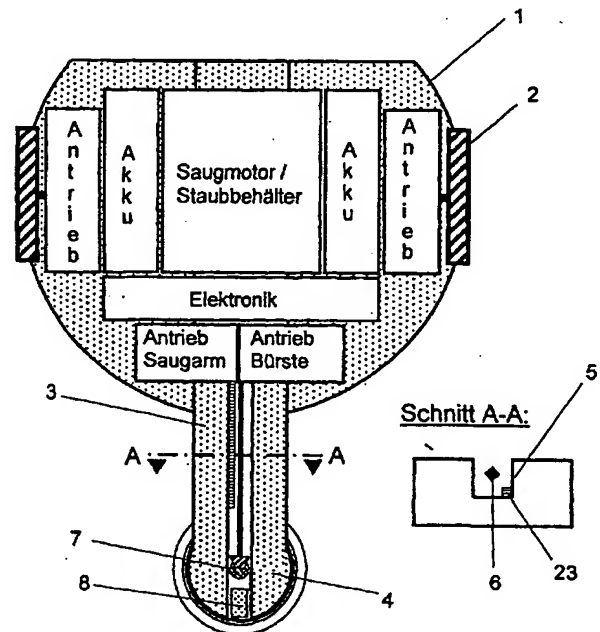
72 Erfinder:  
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Erweiterung des Haushaltsroboters zum automatischen Staubsaugen von Bodenflächen

57 Staubsaugen ist mit herkömmlichen Bodenstaubsaugern eine zeitaufwendige und anstrengende Tätigkeit. Der bereits in einer früheren Anmeldung vorgestellte Roboter ist mit den beschriebenen Erweiterungen besonders effizient in der Lage, beliebige Bodenflächen selbständig und mit hoher Reinigungswirkung zu saugen. Gegenstand der Zusatzanmeldung sind zum einen mehrere Varianten einer Reinigungseinrichtung unterhalb des Saugkopfes (4). Außerdem wird eine Methode vorgestellt, um eine konstante Auflagekraft des Kopfes zu erzielen, und eine automatische Anpassung der Reinigungswirkung an den Bodenbelag beschrieben. Darüber hinaus wird eine Erweiterung des Steuerverfahrens angegeben, das eine flexible und effiziente Bewegung des Saugers auch auf großen Flächen ermöglicht, ohne die Vorgabe deterministischer Reinigungsbahnen. Die Erfindung kann in privaten Haushalten aber auch kommerziell als Alternative zu herkömmlichen, manuellen Bodenstaubsaugern eingesetzt werden.



DE 100 00 407 A 1

## Beschreibung

In der PCT Anmeldung "Haushaltsroboters zum automatischen Staubsaugen von Bodenflächen", die im Patentamt unter dem Aktenzeichen PCT/DE 99/02276 geführt wird, und welche die Priorität der nationalen Anmeldungen 198 36 093.2 sowie 199 16 427.4 in Anspruch nimmt, wird ein Fahrroboter beschrieben, dessen vollautomatisches Steuerungsverfahren die folgenden wesentlichen Merkmale aufweist: Um die Vorrichtung herum wird ein Nahbereich festgelegt, dieser durch Sensoren abgetastet, und an den Grenzen des Nahbereiches werden mögliche neue Positionen für das Gerät gespeichert. Anschließend wird nach Auswahl einer der im aktuellen oder früheren Schritt gespeicherten Positionen, abhängig vom Grad der Erreichbarkeit, einer zugeordneten Priorität und unter Berücksichtigung des Vorhandenseins von noch nicht abgetasteter Fläche im Bereich der möglichen neuen Positionen, die gewählte Position angefahren und danach die beschriebene Abfolge der Verfahrensschritte solange wiederholt, bis eine vorgegebene Gesamtfläche vollständig überstrichen wurde oder keine neue Position mehr ausgewählt werden kann. Die von den Sensoren abgetastete Bodenfläche wird in ein zweidimensionales Datenfeld abgebildet, um hierin während der Abtastung erkannte Hindernisse, freie Bereiche sowie mögliche neue Positionen für die Vorrichtung durch bestimmte Stati zu markieren. Dieses Feld, in dem somit sukzessive ein Abbild der zugänglichen Bodenfläche mit den Konturen sämtlicher Hindernisse und begrenzenden Rändern entsteht, dient zur Festlegung von Steuerparametern für die Vorrichtung sowie zur Kontrolle der bereits überstrichenen Fläche.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Steuerverfahrens sind im folgenden angegeben:

Der Nahbereich kann durch die Reichweite der Sensoren festgelegt sein, die an der Vorrichtung starr oder beweglich befestigt sind. Hierbei können richtungssensitive Sensoren mit Fernwirkung eingesetzt werden oder einfache Kontakt- bzw. Abstandssensoren, die durch eine geeignete Mechanik über die abzutastende Fläche geführt werden. Die Abtastung des Nahbereiches kann aber auch so erfolgen, daß die Wirkung von Sensoren mit Fernwirkung oder von beweglichen Sensoren emuliert wird, indem die gesamte Vorrichtung bewegt wird und diese den maximal zugänglichen Nahbereich mit etwaigen Hindernissen durch Sensoren ohne Fernwirkung ermittelt. In diesem Fall kann als Nahbereich eine beliebige Teilfläche relativ zur Position der Vorrichtung definiert werden.

Beim Einsatz von Sensoren, die keine Richtungsinformation liefern, wird nach dem Detektieren eines Hindernisses die exakte Position des Hindernisses durch Berücksichtigung der Abstrichtung ermittelt.

Um die Anzahl der gespeicherten Positionen zu begrenzen, werden nach der Abtastung des Nahbereiches nur dort neue Positionen gespeichert werden, wo keine Hindernisse detektiert wurden und auch keine Flächenbereiche angrenzen, die bereits von einer früheren Position des Gerätes aus abgetastet wurden. Besonders einfach läßt sich diese Bedingung dadurch realisieren, daß nur an denjenigen Grenzen des Nahbereiches neue Positionen gespeichert werden, die im Datenfeld als noch nicht abgetastet markiert sind.

Bei der Abbildung eines Punktes (x, y) in das Datenfeld mit den Dimensionen  $x_{\max}$  und  $y_{\max}$  erfolgt für negative Koordinaten eine Transformation in einen positiven Koordinatenbereich, z. B. durch Bildung von  $x_{\max} - |x|$  bzw.  $y_{\max} - |y|$ .

Bei der erneuten Abtastung eines bereits im Datenfeld markierten Bereiches werden die Stati dieser Fläche entsprechend den neuen Sensordaten aktualisiert. Hierdurch

wird erreicht, daß aufgrund der Überlappung der Abtastbereiche und insbesondere, falls Hindernisse in bereits abgetastete Bereiche gestellt werden, die gespeicherte Information über die abgetastete Fläche immer auf dem neuesten Stand ist.

Bei der Auswahl einer neuen Position für die Vorrichtung werden nur solche Positionen berücksichtigt, die im Datenfeld nicht als bereits abgetastet markiert sind. Dieses Kriterium stellt eine einfache aber effektive Möglichkeit dar, um die im Bereich von neuen Positionen jeweils noch nicht abgetasteten Flächen zu berücksichtigen: Wurde eine Position seit ihrer Speicherung im Datenfeld inzwischen als bereits abgetastet markiert, so kann aufgrund der im allgemeinen kompakten Nahbereiche davon ausgegangen werden, daß auch die umgebene Fläche schon abgetastet wurde. Deshalb kann eine solche Position gelöscht werden, da sie nicht mehr angefahren werden muß.

Bei der Speicherung von neuen Positionen können verschiedene Prioritäten für diese Positionen vergeben werden, abhängig z. B. von ihrer Lage und der Nähe zu anderen Positionen. Bei der Auswahl einer neuen Position für die Vorrichtung werden nur solche Positionen berücksichtigt, deren Priorität diejenige einer bereits vorläufig im aktuellen Verfahrensschritt ausgewählten neuen Position nicht unterschreitet. Bei der Auswahl einer neuen Position werden nur solche Positionen berücksichtigt, die in einer bestimmten Teilfläche liegen, und diese Teilfläche wird während des Ablaufs des Verfahrens modifiziert, falls innerhalb der aktuellen Teilfläche keine neue Position ausgewählt werden kann. Dieses Verfahren ermöglicht eine indirekte Beeinflussung der Bewegung der Vorrichtung, um zum Beispiel zu erreichen, daß die Vorrichtung vorrangig zusammenhängende Flächenbereiche überstreicht. Bei der Auswahl einer möglichen neuen Position kann der Abstand und die Richtung von der aktuellen Position als Bewertungsparameter berücksichtigt werden. Darüber hinaus kann bei der Auswahl einer neuen Position für die Vorrichtung durch Auswertung des Datenfeldes sichergestellt werden, daß die neue Position von der Vorrichtung auf direktem Weg erreichbar ist, wobei nur Bereiche überfahren werden dürfen, die bereits abgetastet wurden und nicht als Hindernis markiert sind. Ebenso ist es möglich, bei der Auswahl einer neuen Position die zurückgelegte Distanz seit Speicherung einer möglichen neuen Position zu berücksichtigen, um den Einfluß von möglichem Schlupf zu begrenzen. Dies kann zum Beispiel dadurch geschehen, daß bei der Überprüfung der Erreichbarkeit einer Position im Datenfeld ein zusätzlicher Sicherheitsabstand an den Rändern der zu überfahrenden Strecke, dessen Breite von der zurückgelegten Distanz abhängt, als frei markiert sein muß. Nach der Auswahl einer neuen Position durch Auswertung des Datenfeldes wird die kürzeste Route innerhalb der bereits abgetasteten Fläche unter Umgehung von Hindernissen bestimmt und die Vorrichtung entlang dieser Route bewegt. Die Vorrichtung kann auf beliebige vorherige Positionen zurückgesetzt werden und beim Zurücksetzen der Vorrichtung über mehrere vorherige Positionen können bestimmte Zwischenpositionen übersprungen werden, falls eine Überprüfung im Datenfeld ergibt, daß die Vorrichtung während ihrer Bewegung keine als Hindernis markierten Bereiche überfahren muß.

Falls ein unerwartetes Hindernis die Bewegung der Vorrichtung blockiert, ermittelt diese durch Abtastung mittels der Sensoren die Konturen des Hindernisses. Da während der Bewegung der Vorrichtung i. a. keine erneute Abtastung der Wegstrecke erfolgt – denn hierbei werden nur Bereiche überfahren, die im Datenfeld als frei markiert sind – kann die Vorrichtung durch das Versetzen von Gegenständen oder ggf. durch Schlupf an für sie unbekannte Hindernisse sto-

Ben. In diesem Fall wird die Bewegung der Vorrichtung abgebrochen, der Nahbereich abgetastet um die gespeicherte Umgebungsinformation upzudaten, und dann eine neue Position gewählt. Nach dem Anfahren einer neuen Position wird der neue Nahbereich durch Auswertung des Datenfeldes so bestimmt, daß nur eine geringe Überlappung mit bereits abgetasteten Nachbarbereichen auftritt.

Besonders vorteilhaft ist es für den Einsatz der Erfindung als Staubsauger, wenn während der Abtastung gleichzeitig die Bodenfläche gereinigt wird.

Dazu kann die Abtastung durch einen beweglichen Arm so erfolgen, daß noch nicht abgetastete Flächen immer zuerst vom vorderen Ende des Armes überstrichen werden. Bei Hinderniskontakt wird der Arm in geringst möglichem Abstand an detektierten Hindernissen entlanggeführt. In besonders vorteilhafter Weise kann hierbei der Nahbereich um die Vorrichtung in Form eines Kreissektors gewählt werden, wobei die Abtastung durch wiederholte Links- und Rechtsdrehung der Vorrichtung mit jeweils vergrößerter Länge des Armes erfolgt. Um eine mehrfache Abtastung derselben Hindernisse zu vermeiden, kann der Arm hierbei in Winkelbereichen von bereits detektierten Hindernissen entsprechend verkürzt werden.

Durch Auswertung der Information im Datenfeld wird sichergestellt, daß die Reinigung der Bodenfläche nur in denjenigen Bereichen erfolgt, die im Datenfeld als noch nicht gereinigt markiert sind.

Eine für das erfindungsgemäße Verfahren geeignete Vorrichtung, die neben einer Saugereinrichtung selbstverständlich auch andere Reinigungseinrichtungen beispielsweise zum Wischen, Dampfreinigen bzw. Sprühreinigen enthalten kann oder auch alternativ für andere Zwecke wie z. B. Rasenmähen, Objektsuche oder Kontrollaufgaben eingesetzt werden kann, weist in der oben angegebenen PCT-Anmeldung die folgenden kombinierbaren wesentlichen Merkmale auf:

Die Vorrichtung mit angetriebenen Rädern und Steuerrädern bzw. steuerbaren Antriebsrädern und Sensoren sowie einem ausfahrbaren Arm ist dadurch gekennzeichnet, daß neben zwei angetriebenen Rädern als dritter Auflagepunkt das vordere untere Ende des Armes (Kopf) dient, das sich z. B. auf Walzen, Kugeln, Rädern oder Borsten abstützt.

Die Vorrichtung mit angetriebenen Rädern und Steuerrädern bzw. steuerbaren Antriebsrädern und Sensoren sowie einem ausfahrbaren Arm mit an dessen vorderen Ende angeordnetem Kopf ist dadurch gekennzeichnet, daß am Kopf eine oder mehrere rotierende Tellerbürste(n) angeordnet ist/sind.

Die Vorrichtung mit angetriebenen Rädern und Steuerrädern bzw. steuerbaren Antriebsrädern und Sensoren sowie einem ausfahrbaren Arm ist dadurch gekennzeichnet, daß am Arm Abstands- bzw. Kontaktsensoren zur Erfassung von Hindernissen angeordnet sind, die durch Bewegung des Armes und Drehung der Vorrichtung den Nahbereich überstreichen können und sowohl Hindernisse für die Bewegung des Armes detektieren als auch solche, welche nur für die Bewegung der Vorrichtung ein Hindernis darstellen.

Die Vorrichtung mit angetriebenen Rädern und Steuerrädern bzw. steuerbaren Antriebsrädern und Sensoren ist dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebe z. B. über Schneckengetriebe elastisch mit dem jeweiligen Rad verbunden sind, wobei die bei einer Blockierung des Saugers durch ein Hindernis auftretende Verschiebung der Antriebe detektiert wird. Durch diesen Mechanismus kann auf einen zusätzlichen äußeren Kontaktsensor, der die Vorrichtung vollständig umgeben müßte und der mechanisch aufwendig ist, verzichtet werden.

Zusätzliche vorteilhafte Ausprägungen der in den Voranmeldungen beschriebenen Vorrichtung werden durch die

folgenden Merkmale beschrieben:

Der Antrieb der Tellerbürste(n) erfolgt über eine verschiebbare Welle durch einen Getriebemotor, der auf der Saugergrundfläche angebracht ist.

Jede Bürste ist mit einem dichten Kranz schräg nach außen geneigter weicher Borsten umgeben, um Staub von Möbelenkanten zu entfernen und Beschädigungen zu vermeiden. Darüberhinaus kann jede Bürste schräg nach innen gerichtete Borsten aufweisen, die Schmutz vom Boden lösen, den Sauger stützen können, und zusätzlich den Saugkopf an kleinen Stufen wie z. B. Teppichkanten anheben.

Falls mehrere Tellerbürsten Verwendung finden, können deren Achsen so angeordnet und angetrieben werden, daß die Bürsten den Schmutz in Richtung der Saugdüse unterhalb des Kopfes befördern. Besonders vorteilhaft ist hierbei eine an sich bekannte Anordnung, siehe die deutsche Patentschrift 10 57 154, bei der die Bürsten über ein Planetengetriebe in Eigenrotation versetzt werden und gleichzeitig unterhalb des Kopfes kreisförmig umlaufen.

Spezielle Sensoren im Bereich des Kopfes detektieren Hindernisse für die Bewegung des Armes. Ein Sensor zu diesem Zweck kann in vorteilhafter Weise so ausgeführt sein, daß um den Kopf des Armes herum in geringem gegenseitigen Abstand zwei elektrische Leiter angebracht sind, von denen der äußere bei Kontakt mit einem Hindernis elastisch an den inneren herangedrückt wird und hierdurch einen elektrischen Stromkreis schließt.

Andere Sensoren im Bereich des Kopfes detektieren Hindernisse für die Bewegung der Vorrichtung, die jedoch den Arm selbst nicht behindern. Zu diesem Zweck kann ein Abstandssensor, der z. B. durch Ultraschall oder mittels elektromagnetischer Wellen die lichte Höhe oberhalb des Kopfes mißt, eingesetzt werden. Zusätzlich kann ein Sensor, z. B. in Form eines mechanischen Tasters oder berührungslos, Stufen im Bodenbelag unterhalb des Kopfes erfassen, um so ein Kippen der Vorrichtung zu vermeiden. Der bewegliche Arm wird vorteilhafter Weise als Teleskoparm mit rechteckförmigem Querschnitt ausgeführt, um im Einsatz als Sauger bei möglichst flacher Bauweise einen großen Querschnitt zur Führung des Luftstromes zu bieten.

Falls die Vorrichtung sich nicht auf dem vorderen Ende des ausfahrbaren Armes abstützt, ist es vorteilhaft, den Teleskoparm so auszuführen, daß er an seinem hinteren Ende um eine horizontale Achse drehbar bzw. vertikal beweglich gelagert ist, um guten Bodenkontakt des Kopfes zu garantieren. Auch in diesem Fall kann unterhalb des vorderen Endes des Armes eine zusätzliche Stütze mit integrierter Kugel zum Abrollen befestigt werden, die beliebige laterale Bewegungen gestattet.

Durch Gewichtsverlagerung kann der Aufsetzdruck des Kopfes variiert werden. Nach dem Auslösen des Blockierungssensors wird die Vorrichtung vorteilhafter Weise soweit zurückgesetzt, bis der Sensor keine Blockierung mehr anzeigt. Anschließend erfolgt ein erneutes Vorsetzen allerdings mit reduzierter Geschwindigkeit, um so zwischen Pseudo- und echten Hindernissen zu unterscheiden. Hat der Sensor beim ersten Mal aufgrund eines realen Hindernisses ausgelöst, so wird er auch bei verringerter Geschwindigkeit erneut ansprechen. War die Ursache jedoch lediglich eine überwindbare Stufe im Bodenbelag, z. B. eine Teppichkante, oder ein erhöhter Reibungswiderstand der Bürste, so bewirkt die geringere Geschwindigkeit eine Reduzierung der dynamisch wirkenden Kräfte und der Reibkräfte, so daß ein erneutes Auslösen unterbleibt.

In dieser Zusatzanmeldung zu obiger PCT-Anmeldung werden Erweiterungen der Vorrichtung beschrieben, die sich durch folgende Merkmale auszeichnen:

Am Kopf der Vorrichtung können eine oder mehrere

Rundbürsten mit horizontalen Achsen, wie sie ebenfalls in Bürstenantrieben herkömmlichen Bodenstaubsauger üblich sind, angeordnet werden. Durch eine geeignete Mechanik werden diese Bürsten um eine senkrechte Achse gedreht und rotieren gleichzeitig um ihre jeweilige horizontale Achse, um hierdurch eine effektive und gleichmäßige Reinigung der gesamten Fläche unterhalb des Kopfes zu erzielen. Zu diesem Zweck ist unterhalb des Kopfes ein Speichenrad befestigt, das über seine senkrecht stehende Achse angetrieben wird, und durch das der Luftstrom mit dem gelösten Staub geleitet wird. Auf einer oder mehrerer Speichen dieses Rades sind radial in Richtung der Speichen eine oder mehrere Rundbürsten drehbar angeordnet. An den nach außen zeigenden Seiten der Bürsten ist jeweils ein Zahnrad fest mit der entsprechenden Bürste verbunden und kann zusammen mit dieser gedreht werden. Die Zahnräder greifen in einen feststehenden Zahnkranz ein, so dass bei Drehung des Speichenrades die Zahnräder und mit ihnen die Bürsten sowohl um die vertikale Achse des Speichenrad umlaufen als auch gleichzeitig um ihre eigenen Achsen rotieren. Besonders vorteilhaft wirkt es sich aus, wenn der Zahnkranz oberhalb der Zahnräder angebracht ist, da hierdurch die Summe der Drehgeschwindigkeit des Speichenrades und der Eigenrotation der Rundbürsten auf dem zu reinigenden Untergrund auftritt und damit verbunden eine besonders effektive Kehrwirkung. Weiterhin können innerhalb des Saugkopfes geeignete Abstreifvorrichtungen angebracht sein, die anhaftenden Staub von den Rundbürsten bei deren Drehung entfernen.

Zusätzlich wird eine hohe Reinigungswirkung im direkten Randbereich des Kopfes erreicht und darüber hinaus eine effektive Führung der Luftströmung ermöglicht, indem am äußeren Rand des Speichenrades ein schräg nach außen weisender Borstenkranz angeordnet ist, der sich mit dem Speichenrad dreht.

Unterhalb des Saugarms kann in vorteilhafter Weise eine Abstreifeinrichtung angebracht werden, die anhaftenden Staub bei Drehung des Speichenrades von dem äußeren Borstenkranz entfernt.

Alternativ kann eine andere Form des Bürstenkopfes mit Tellerbürsten gewählt werden, deren prinzipielle Funktion bereits früher für die Anwendung in Kehrmaschinen beschrieben wurde, siehe die Patentanmeldung DE 10 57 154, und dadurch gekennzeichnet ist, dass die Tellerbürsten in der Art eines Planetengetriebes bewegt werden. Im Gegensatz zu der zitierten Voranmeldung erfolgt die Luftansaugung allerdings nicht über ein zentrales Rohr, sondern durch ein unterhalb des Kopfes angeordnetes Speichenrad hindurch, dessen Achse über ein Kegelgetriebe gedreht wird, und das eine sehr flache Bauweise gestattet.

Am äußeren Umfang dieses Rades sind mehrere Zahnräder mit senkrechten Achsen drehbar gelagert befestigt. Mit jedem dieser Zahnräder ist jeweils eine Tellerbürste verbunden, die bei Drehung des entsprechenden Zahnrades ebenfalls in Drehung versetzt wird. Die Zahnräder greifen in einen Zahnkranz ein, so dass bei Drehung des Speichenrades die Zahnräder und mit ihnen die Bürsten sowohl um die vertikale Achse des Speichenrad umlaufen als auch gleichzeitig um ihre eigene vertikale Achse rotieren.

Der Zahnkranz kann sowohl innerhalb als auch außerhalb des Umlaufkreises der Zahnräder angebracht sein, wodurch jeweils entgegengesetzte Rotationsrichtungen der Tellerbürsten erreicht werden.

Unterhalb des Speichenrades ist eine runde Blende zur Führung des Luftstromes befestigt und dreht sich mit diesem. Der äußere Umfang der Blende kann diagonal verlaufende Wülste oder Lamellen aufweisen, um an den Bürsten anhaftenden Staub während der Bürstendrehung nach unten

abzustreifen.

Die Achsen der Tellerbürsten werden in vorteilhafter Weise so geführt, dass nur die jeweils nach innen in Richtung der Achse des Speichenrades laufende Bürstenseite Kontakt mit der Bodenfläche hat. Hierdurch wird erreicht, dass Staub immer in die Mitte unterhalb des Kopfes befördert und von dort aufgesaugt wird. Falls das Speichenrad und die Tellerbürsten gleichsinnig rotieren, kann zur Erzielung schräg stehender Bürsten die Verbindung zwischen den Zahnrädern und den Tellerbürsten momentenschlüssig so erfolgen, dass die Achsen der Bürsten gegen die des entsprechenden Zahnrades in beliebiger Richtung um einen bestimmten Winkel verschwenkbar sind.

Hierzu ist es vorteilhaft, die Tellerbürsten oben mit einer Wanne abzuschließen, an deren flexiblen Deckel die jeweilige Zahnradachse mittig befestigt ist, um hierdurch eine elastische Verschwenkung der Tellerbürsten gegen die jeweilige Zahnradachse durch die Reibkräfte zu ermöglichen. Statt des Deckels können die Wannen an ihrem oberen Abschluss von mehreren federnden Streifen überspannt sein, an deren Schnittpunkt mittig die jeweilige Zahnradachse befestigt ist. Sowohl der elastische Deckel als auch die federnden Streifen können hierbei ein Wellenprofil aufweisen, um so die Verschwenkung der Tellerbürsten zu erleichtern.

Wie schon in der Hauptanmeldung beschrieben, ist es auch bei den hier dargestellten Bürstenantrieben vorteilhaft, den Arm als Teleskoparm auszuführen, der einen rechteckförmigen Querschnitt aufweist. Außerdem ist es sinnvoll, dass der Antrieb der Reinigungseinrichtung über eine Welle durch einen Motor erfolgt, der auf der Grundfläche der Vorrichtung angebracht ist, da der Kopf in diesem Fall sehr flach und leicht aufgebaut sein kann.

Um die Bauhöhe des Saugarms und des Kopfes weiter zu verringern, wird die Antriebswelle darüber hinaus innerhalb des Saugarms in einer Vertiefung geführt. Zur Erzielung einer besonders gleichmäßigen Reinigung des Bodens sollte die Reinigungseinrichtung unabhängig von der aktuellen Ausfahrlänge des Saugarmes immer mit der gleichen Kraft auf dem Boden aufliegen. Dies kann dadurch erreicht werden, dass am ausfahrbaren Arm Gewichte angebracht werden, um das bezogen auf den Kopf variable Moment des Saugerkörpers auszugleichen.

Aus demselben Grund ist es vorteilhaft, den Behälter zur Aufnahme des Staubes zentriert über den verlängerten Achsen der Antriebsräder des Saugers anzubringen, damit die Auflagekraft des Saugkopfes unabhängig vom Füllungsgrad des Staubsammelbehälters ist.

Weiterhin sind folgende Verfahren für die beschriebene Vorrichtung Gegenstand der Zusatzanmeldung, die sämtlich wie auch die Verfahren der Hauptanmeldung von einem Mikroprozessor gesteuert werden, der zusammen mit der zugehörigen Elektronik selbst Teil der Vorrichtung ist:

Die Leistungsaufnahme oder die Drehzahl des Bürstenantriebs bzw. die Änderung eines dieser beiden Parameter wird zur Bestimmung der Rauigkeit des Untergrundes und damit zur Erkennung des Bodenbelages ausgewertet, wobei je nach Bodenbelag eine Anpassung der Leistung der Reinigungseinrichtung erfolgt. Die Erfassung der Leistung bzw. der Drehzahl einer Reinigungsbürste wird bereits in dem Patent DE 43 30 475 A1 beschrieben, allerdings dort ausschließlich zur Vermeidung des Anstoßens an ein Hindernis bzw. zur Vermeidung des Herunterfallens an einer Stufe, wobei eine geeignete Mechanik verwendet wird. Bei der hier vorgeschlagenen Erfassung des Untergrundes wird ausgenutzt, dass ein Teppichboden je nach Florhöhe eine höhere Reibung des Bürstenantriebs verursacht als ein glatter Boden mit Parkett, Fliesen o. ä., was ein sensibles Erkennen des Bodenbelages erlaubt. Bei glatten Bodenbelägen kann

die Umdrehungszahl der Bürsten und ebenfalls die Leistung des Saugmotors reduziert werden, da der Staub von glatten Böden leichter zu lösen ist. Hierdurch wird sowohl eine Verringerung der Leistungsaufnahme zur Steigerung der Reichweite des Saugers bewirkt, als auch zur Schonung von empfindlichen, glatten Oberflächen beigetragen. Es muss nicht näher erläutert werden, dass der Sauger zusätzlich zu der beschriebenen automatischen Anpassung der Leistung des Bürsten- und Saugantriebs natürlich ebenfalls eine manuelle Einstellmöglichkeit dieser Parameter aufweisen kann.

Im folgenden werden Erweiterungen des in der Hauptanmeldung beschriebenen Verfahrens zur Steuerung der Saugerbewegung erläutert. Es sei nochmals erwähnt, dass dieses Verfahren und sämtliche hier dargestellten Ergänzungen nicht ausschließlich für Saugroboter geeignet sind, sondern ebenfalls andere geeignete Ausprägungen der Vorrichtung umfassen.

Bei der Positionswahl werden erfindungsgemäß die folgenden Schritte ausgeführt: Für alle noch nicht als gesaugt markierten und vom Sauger erreichbaren Positionen wird die jeweils erstmalig saugbare Fläche (F), der Abstand vom jeweils aktuellen Saugerstandort (S) sowie der Abstand von einem Referenzpunkt (R) ermittelt. Mit erstmalig saugbar ist hierbei die Fläche gemeint, die im vom Sauger erfassbaren Nahbereich um die gerade betrachtete Position liegt und nicht als bereits gereinigt oder als Hindernis markiert wurde. Aus den Parametern F, S und R wird anschließend mittels einer Bewertungsfunktion für jede Position eine Wertzahl (W) berechnet und als jeweils nächste Position für den Sauger wird je nach Bewertungsfunktion diejenige Position mit der höchsten bzw. niedrigsten Wertzahl ausgewählt.

In vorteilhafter Weise liefert die Bewertungsfunktion einen um so höheren Wert, je kleiner die saugbare Fläche und je größer der Abstand vom aktuellen Saugerstandort sowie vom Referenzpunkt ist, wobei jeder dieser Parameter individuell gewichtet werden kann. Die Bewertung kann beispielsweise als Summe der Einzelbewertungen in der folgenden Form berechnet werden:  $W = a/F + b \cdot S + c \cdot R$ , wobei a, b und c die einmalig geeignet festzulegenden Gewichte sind. In diesem speziellen Fall wird von allen Positionen diejenige mit der niedrigsten Wertzahl als nächste Position ausgewählt und angefahren. Natürlich ist erfindungsgemäß die Bewertungsfunktion nicht auf obiges Beispiel beschränkt, und es können zu diesem Zweck auch beliebige andere mathematische Funktionen verwendet werden.

Das Steuerverfahren mit dem beschriebene Auswahlverfahren passt sich automatisch an die Umrandung der zu saugenden Fläche einschließlich beliebiger Hindernisse an und gestattet eine äußerst flexible und dabei effiziente Bewegung des Saugers auch auf großen Flächen ohne die Vorgabe deterministischer Reinigungsbahnen. Durch die Berücksichtigung der zu saugenden Fläche in der Bewertungsfunktion wird vermieden, dass der Sauger unnötig Positionen anfährt, von denen nur eine kleine Fläche zu reinigen ist. Da durch das in der Hauptanmeldung beschriebene Steuerverfahren relativ viele eng beieinander liegende Positionen als mögliche Fortsetzungen an den Rändern jedes Nahbereiches gespeichert werden, ist es besonders sinnvoll, zuerst diejenigen mit der größten zu reinigenden Fläche zu bearbeiten, da hierbei viele der angrenzenden Positionen bereits mit überstrichen und damit automatisch aus der Positionsliste gelöscht werden. Das zweite Kriterium stellt zusätzlich sicher, dass der Sauger vorrangig benachbarte Positionen saugt, um so unnötige Wege zu vermeiden.

Als bisher nicht näher bezeichneter Referenzpunkt kann in vorteilhafter Weise anfangs der Startpunkt des Saugers mit den Koordinaten (x = 0, y = 0) verwendet werden. Damit wird sichergestellt, dass die Umgebung um den Startpunkt

zuerst gereinigt wird, da solche Positionen durch die Bewertungsfunktion bevorzugt werden.

Der Referenzpunkt kann allerdings erfindungsgemäß immer dann auf den aktuellen Saugerstandort gesetzt werden, falls die zurückgelegte Distanz von der vorherigen bis zur aktuellen Position des Saugers eine festgelegte Schwelle überschreitet. Dieses Umsetzen des Referenzpunktes geschieht immer dann, falls in der Umgebung des Saugers keine neue Position mehr gefunden werden kann, etwa, weil der Sauger sich in der Ecke eines Raumes befindet. In der Praxis garantiert dieses Verfahren, das die zu saugenden Fläche automatisch in einzelne Cluster aufgeteilt wird, die sich der Topologie der Fläche anpassen und nacheinander gereinigt werden. Um die maximale Clustergröße zu beschränken, kann der Referenzpunkt auch immer dann auf den aktuellen Saugerstandort gesetzt werden, falls der Abstand des Saugers vom Referenzpunkt eine festgelegte Schwelle überschreitet.

Bei der Speicherung der abgetasteten Flächen im Datenspeicher können in Erweiterung der Hauptanmeldung die folgenden 4 Stati unterschieden werden: Status '0' ist der Initialwert beim Start des Saugers, der überschrieben wird, sobald der Saugkopf die entsprechende Stelle erstmalig überstrichen hat. Dieser Status wird ebenfalls verwendet, um einen Punkt als mögliche neue Saugposition zu kennzeichnen. Hierdurch kann erkannt werden, ob eine mögliche neue Position bereits von einer Nachbarposition aus gesaugt wurde. Status '1' markiert abgetastete und gesaugte Flächenbereiche, die kein Hindernis für die Bewegung des Saugers darstellen. Status '2' markiert die Position einer ersten Kategorie von abgetasteten Hindernissen, beispielsweise von Wänden, Kanten oder ähnlichem, die vom Kopf des Saugers oder zumindest vom Sauger selbst nicht passiert werden können, aber nicht zum Absturz des Saugers führen. Status '3' markiert die Position einer zweiten Kategorie von Hindernissen, z. B. von Stufen, größeren Versetzungen oder ähnlichem, die vom Stufensensor erfasst wurden und deren Missachtung zum Absturz des Saugers führen könnte. Die Unterscheidung zwischen den Stati '2' und '3' bietet den Vorteil, dass zwei Kategorien von Hindernissen unterscheidbar sind, wobei letztere während der Bewegung des Saugers beim Anfahren einer neuen Position unbedingt gemieden werden müssen. Dies kann z. B. dadurch erreicht werden, dass mit dem Status '3' markierte Flächenelemente mit einem größeren Sicherheitsabstand umfahren werden müssen, um so mögliche Positionierungsungenauigkeiten zu berücksichtigen.

Weiterhin können erfindungsgemäß zur Speicherung der Stati der abgetasteten Bodenfläche zwei Datenfelder mit unterschiedlicher Rasterauflösung verwendet werden, wobei das Datenfeld mit der geringeren Auflösung zur Speicherung der Gesamtfläche und das Datenfeld mit der höheren Auflösung zur Speicherung der jeweils aktuellen Teilfläche dient. Diese hierarchische Datenspeicherung vergrößert die insgesamt zu speichernde Fläche, da nur noch ein kleiner Teil der Gesamtfläche eine höhere Auflösung mit z. B. 1 cm<sup>2</sup> erfordert. Wird für die Speicherung der Gesamtfläche beispielsweise eine geringere Auflösung von jeweils 5 cm in x- und y-Richtung gewählt, kann bei benötigten 2 Bit pro Punkt z. B. eine Fläche von 100 m<sup>2</sup> in einen Speicher von nur 10 kByte abgebildet werden. Darüber hinaus ermöglicht die getrennte Speicherung die Berücksichtigung des 'Alters' der Abtastinformation um z. B. von im Datenfeld mit der geringeren Auflösung markierten Hindernissen aufgrund von möglichem Schlupf einen größeren Sicherheitsabstand einhalten zu können. Der Wechsel zwischen den beiden Datenfeldern kann in vorteilhafter Weise an eine Änderung des Referenzpunktes gekoppelt werden: Solange der Referenz-

punkt unverändert bleibt, werden die Stati der abgetasteten Fläche in dem zweidimensionalen Feld mit höherer Auflösung markiert. Jedesmal wenn der Referenzpunkt verschoben wird, erfolgt die Übertragung der Abtastinformation in das Feld mit geringerer Auflösung. Anschließend wird das hochauflösende Feld gelöscht und steht zur Speicherung der Umgebung des neuen Referenzpunktes zur Verfügung. Bei der Überprüfung der Erreichbarkeit einer neuen Position darf der Sauger nur solche Flächen überfahren, die in mindestens einem der beiden Saugfelder als bereits abgetastet, aber in keinem der beiden Felder als Hindernis markiert sind.

Zur Detaillierung der Zusatzanmeldung wird die Erfindung nachstehend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**Abb. 1:** Aufsicht auf Sauger mit Darstellung der Module und Schnitt des Saugarms

**Abb. 2:** Seitenansicht des Saugers mit Darstellung der Gewichtskräfte

**Abb. 3:** Ansicht von unten auf Bürstenkopf (Variante 1)

**Abb. 4:** Schnitt B-B von vorne auf Bürstenkopf (Variante 1)

**Abb. 5:** Ansicht von unten auf Bürstenkopf (Variante 2a)

**Abb. 6:** Schnitt C-C von vorne auf Bürstenkopf (Variante 2a)

**Abb. 7:** Ansicht von unten auf Bürstenkopf (Variante 2b)

**Abb. 8:** Schnitt D-D von vorne auf Bürstenkopf (Variante 2b)

**Abb. 1** zeigt die Aufsicht einer Realisierungsvariante des automatischen Saugroboters, wobei ebenfalls eine mögliche Anordnung der wesentlichen Module innerhalb des Saugerkörpers (1) dargestellt ist. Der Saugmotor mit dem Staubsammelbehälter ist mittig zwischen den Radachsen angeordnet, damit sich der Schwerpunkt des Saugers abhängig vom Füllgrad nicht ändert. An beiden Seiten sind symmetrisch zwei Akku-Module angeordnet. Noch weiter außen befindet sich auf jeder Seite ein Antriebsmodul, das jeweils einen Motor und ein Getriebe enthält. Vor dem Staubsammelbehälter ist die Elektronik angebracht, im wesentlichen eine Mikroprozessorkarte und entsprechende Hardware für die Antriebe und Sensoren. Vor dem Elektronikmodul sind zwei weitere Antriebsmodule befestigt, zum Ein- und Ausfahren des Saugarms sowie zur Drehung der Reinigungseinrichtung, wobei letzteres nur benötigt wird, falls der Antrieb für die Reinigungseinrichtung nicht direkt am Kopf befestigt ist. Am Körper des Saugers (1) sind seitlich zwei Räder (2) befestigt, die den Vortrieb und die Drehung des Saugers ermöglichen. Vorne am Körper ist der ausziehbare Saugarm (3) mit an dessen vorderem Ende befindlichem Kopf (4) angeordnet. Der Saugarm ist hohl und führt in seinem Inneren den Luftstrom, der vom Saugmotor erzeugt wird. Unterhalb des Kopfes ist eine Reinigungseinrichtung angebracht, die über eine horizontale Welle mit quadratischem Querschnitt (6) sowie ein Kegelgetriebe (7) momentenschlüssig mit dem Getriebemotor im Körper des Saugers verbunden ist. Die Länge des Saugarms wird über eine Zahnstange (23) gesteuert, in die über ein Zahnrad der Antriebsmotor im Körper des Saugers eingreift. Um den Saugarm möglichst flach ausführen zu können, weist dieser mittig eine Vertiefung (5) auf, in der die Welle (6) sowie die Zahnstange (23) geführt werden. Die Zahnstange kann natürlich ebenfalls außerhalb dieser Vertiefung verlaufen und auch sehr einfach dadurch realisiert werden kann, dass die Zähne direkt in das Material des Saugarms, der z. B. aus Kunststoff besteht, eingepreßt werden. Die Vertiefung (5) zwischen dem Kegelgetriebe (7) und dem vorderen Ende des Kopfes (4) kann darüber hinaus zur Aufnahme von Sensoren oder Navigationsinstrumenten dienen (8).

In **Abb. 2** ist eine Seitenansicht einer möglichen Realisierung des Saugers mit dem im Inneren des Saugers geführten Saugarm dargestellt, wobei ebenfalls die statisch wirkenden Kräfte eingetragen sind: Das Gesamtgewicht des Saugers setzt sich aus dem Gewicht  $S$  des Körpers sowie dem Gewicht  $K$  des Kopfes zusammen (Das Eigengewicht des Armes wird hier vernachlässigt). Außerdem ist die Kraft  $A$  angegeben, die durch ein zusätzliches Gewicht am Ende des Saugarmes bewirkt wird und dazu dient, die Auflagekraft  $B$  des Kopfes unabhängig von der aktuellen Ausfahrlänge des Saugarms einzustellen, um dadurch einen konstanten Andruck der Reinigungseinrichtung zu erzielen. Der Sauger wird gestützt durch die Radauflagekraft  $R$ , sowie über die Kraft  $B$ , die den Kopf trägt. Zur Bestimmung von  $B$  wird die Summe sämtlicher Momente um den Radmittelpunkt betrachtet, wobei  $d$ ,  $d_1$  und die aus **Abb. 2** ersichtlichen Abstände bezeichnen:

$$(K - B) \cdot d_1 + A \cdot (d_1 - d) + S \cdot l = 0$$

Hieraus kann die Auflagekraft  $B$  des Kopfes bestimmt werden:

$$B = K + A + \frac{S \cdot l - A \cdot d}{d_1}$$

Die gewünschte Unabhängigkeit der Kraft  $B$  von der Ausziehlänge des Armes  $d_1$  ergibt sich, falls gilt:

$$A = S \cdot \frac{l}{d}$$

Hieraus folgt für die Kraft  $B$  nun unabhängig von  $d_1$ :

$$B = K + S \cdot \frac{l}{d}$$

Es sei darauf hingewiesen, dass obige Rechnung natürlich nur ein Beispiel zur Bestimmung einer konstanten Auflagekraft darstellt, und dass eine ähnliche Rechnung auch für den Fall durchgeführt werden kann, falls das verteilte Eigengewicht des beweglichen Armes und mögliche andere Effekte berücksichtigt werden.

**Abb. 3** zeigt die Darstellung von unten auf den Kopf des Saugarmes (3) und stellt eine mögliche Realisierung des Bürstenkopfes dar (Variante 1). Die Schnittlinie B-B dieses Bürstenkopfes ist nochmals in **Abb. 4** verdeutlicht. Ein Speichenrad (13) mit in diesem Beispiel 4 Speichen (14) ist drehbar unterhalb des Kopfes angeordnet und wird über die Welle (6) sowie das Kegelgetriebe (7) angetrieben. Auf hier zwei der Speichen ist jeweils eine Rundbürste (9) frei drehbar gelagert und steht jeweils über eine gemeinsame Achse mit einem Zahnrad (10) in fester Verbindung. Die Zahnräder greifen in einen horizontalen Zahnkranz (11) ein, der fest mit dem Saugkopf verbunden ist, und beispielsweise auch dadurch realisiert werden kann, dass die Zähne direkt in das Material des Saugkopfes geprägt, gefräst oder durch eine andere Herstellungsweise integriert sind. Wird das Speichenrad mit den daran befestigten Rundbürsten gedreht, so werden letztere durch die Zahnräder gleichzeitig zum Umlauf mit dem Speichenrad in Eigenrotation versetzt. Die Richtung der Eigenrotation erfolgt so, dass sich auf dem zu reinigenden Untergrund (24) die Umlaufgeschwindigkeiten der Rundbürsten und die des Speichenrades (13) addieren, so dass schon bei relativ geringen Umdrehungszahlen des Speichenrades eine sehr effiziente Reinigung des Untergrundes erfolgt. Möglicher an den Rundbürsten anhaftender Staub kann über mehrere innerhalb des Kopfes geeignet an-



geordneter Abstreifvorrichtungen (20) entfernt werden. Diese können beispielsweise aus Kunststoffstreifen bestehen oder aber auch durch feststehende Borsten realisiert werden. Weiterhin ist ein schräg nach außen weisender Borstenkranz (12) am Umfang des Speichenrades befestigt, um auch den Randbereich des Bürstenkopfes effizient reinigen zu können. Unterhalb des Saugarmes kann zusätzlich eine Abstreifeinrichtung (19) befestigt werden, um etwaig am Borstenkranz anhaftenden Staub bei Drehung des Speichenrades zu entfernen. Es versteht sich von selbst, dass in dieser wie auch in den folgenden Varianten des Bürstenkopfes auf eine strömungsgünstige Konstruktion geachtet wird, um eine Luftführung mit möglichst hohem Wirkungsgrad zu erzielen. Ebenfalls nicht dargestellt ist eine vorteilhafte Abdeckung der Zahnräder, um deren etwaige Funktionsbeeinträchtigung durch angesaugte Fremdkörper auszuschließen. Eine alternative Realisierungsmöglichkeit des Bürstenkopfes (Variante 2a) ist in Abb. 5 und Abb. 6 dargestellt: Auch hier ist unterhalb des Kopfes ein Speichenrad (13) mit hier 4 Speichen (14) befestigt, das über eine Welle (6) sowie ein Kegelgetriebe (7) in Drehung versetzt wird. Am Umfang des Speichenrades sind drehbar gelagert Zahnräder (18) befestigt, die wiederum jeweils mit einer Tellerbürste (15) in Verbindung stehen. Gleichzeitig greifen die Zahnräder in einen außen verlaufenden Zahnkranz mit nach innen zeigenden Zähnen ein (16), der am Umfang des Kopfes feststehend angebracht ist oder auch direkt in das Material des Kopfes integriert sein kann. Bei Drehung des Speichenrades werden die Zahnräder und mit ihnen die Tellerbürsten in an sich bekannter Weise in Rotation versetzt und laufen gleichzeitig mit dem Speichenrad um, wodurch sowohl die Grundfläche (24) als auch der Randbereich des Bürstenkopfes effektiv gereinigt wird. Die Achsen (22) der Tellerbürsten und mit ihnen die Achsen der Zahnräder sollen eine geringfügige Neigung gegen die Drehrichtung des Speichenrades aufweisen, so dass nur die jeweils nach innen in Richtung Achse des Speichenrades laufenden Borsten Kontakt mit dem Untergrund aufweisen. Weiterhin ist zur Bündelung der Luftströmung unterhalb des Speichenrades an diesem eine Blende (17) befestigt, wodurch im mittleren Bereich unterhalb des Kopfes eine besonders hohe Saugwirkung entsteht. Diese Blende ist so geformt, dass sie an den in Richtung der Tellerbürsten weisenden Außenflächen in Rotationsrichtung schräg nach unten zeigende Wülste (27) aufweist, die durch die Eigendrehung der Bürsten etwaig an den Bürsten anhaftenden Staub entfernen.

Der in Abb. 7 und Abb. 8 dargestellte Bürstenkopf ist eine alternative Ausführungsform (Variante 2b) der zuvor beschriebenen Vorrichtung. Der wesentliche Unterschied liegt darin, dass hier der Zahnkranz (16) zur Drehung der Zahnräder (18) und der Tellerbürsten (15) von innen in die Zahnräder eingreift, wodurch die Konstruktion des Bürstenkopfes in diesem Bereich signifikant abweicht. Die Eigenrotation der Tellerbürsten ist hier im Gegensatz zu Variante 2a gleichsinnig mit der Rotation des Speichenrades. Deshalb müssen die Achsen der Tellerbürsten (22) eine Neigung in Richtung des Umlaufs der Bürsten aufweisen, damit immer nur die nach innen laufenden Borsten den Untergrund berühren. Diese Neigungsrichtung der Tellerbürsten stellt sich bei Variante (2b) durch Drehung des Speichenrades aufgrund der Reibungskräfte zwischen Bürste und Untergrund (24) automatisch ein, falls die Bürsten gegenüber den senkrechten Achsen der Zahnräder in einem gewissen Winkelbereich verschwenkbar gelagert sind. Diese flexible Lagerung kann z. B. dadurch realisiert werden, dass der Bürstenkopf (25) als flache runde Wanne ausgeführt wird, an deren elastischem Deckel mit welligem Profil die Achse (22) mittig befestigt ist. Eine besonders weiche Aufhängung wird dadurch

erreicht, dass, wie in der Aufsicht E in Abb. 8 dargestellt, anstelle des Deckels lediglich einige federnde Streifen (26) mit glattem oder ebenfalls welligem Profil zwischen den Rändern der Wanne verlaufen, an denen mittig die Achse (22) befestigt ist. Falls keine Reibkräfte auf die Bürsten wirken, werden die Bürstenachsen durch die Federwirkung des Deckels bzw. der Streifen automatisch senkrecht ausgerichtet. Durch geeignete Einstellung der Steifigkeit dieser flexiblen Bürstenaufhängung kann erreicht werden, dass sich abhängig von der Bürstenform und den wirksamen Reibkräften die gewünschte Neigung der Bürsten einstellt.

Unterhalb des Saugkopfes quasi als Verlängerung der Antriebsachse des Speichenrades kann zusätzlich eine Rollkugel befestigt werden, um den Sauger nach vorne abzustützen. Gleichfalls ist es möglich, an derselben Stelle einen Kontakt- bzw. Entfernungssensor anzubringen, der Stufen im Bodenbelag detektiert.

#### Zeichnungen

Abb. 1: Aufsicht auf Sauger mit Darstellung der Module und Schnitt des Saugarms

Abb. 2: Seitenansicht des Saugers mit Darstellung der Gewichtskräfte

Abb. 3: Ansicht von unten auf Bürstenkopf (Variante 1)

Abb. 4: Schnitt B-B von vorne auf Bürstenkopf (Variante 1)

Abb. 5: Ansicht von unten auf Bürstenkopf (Variante 2a)

Abb. 6: Schnitt C-C von vorne auf Bürstenkopf (Variante 2a)

Abb. 7: Ansicht von unten auf Bürstenkopf (Variante 2b)

Abb. 8: Schnitt D-D von vorne auf Bürstenkopf (Variante 2b)

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung, insbesondere Staubsauger zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 26 der PCT-Anmeldung 'Haushaltsroboter zum automatischen Staubsaugen von Bodenflächen', Aktenzeichen PCT/DE 99/02276, mit angetriebenen Rädern und Steuerrädern bzw. steuerbaren Antriebsrädern und Sensoren sowie einem ausfahrbaren Arm mit an dessen vorderen Ende angeordnetem Kopf, **dadurch gekennzeichnet**, dass am Kopf eine oder mehrere Rundbürsten mit horizontalen Achsen angeordnet sind, die um eine vertikale Achse gedreht werden können und gleichzeitig um ihre eigenen horizontalen Achsen rotieren.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Reinigungsantrieb wie folgt aufgebaut ist:

- Unterhalb des Kopfes ist ein Speichenrad befestigt, das über seine senkrecht stehende Achse angetrieben wird, und durch das der Luftstrom mit dem gelösten Staub geleitet wird.
- Auf einer oder mehrerer Speichen dieses Rades sind radial in Richtung der Speichen eine oder mehrere Rundbürsten drehbar angeordnet.
- An den nach außen zeigenden Seiten der Bürsten ist jeweils ein Zahnrad mit der entsprechenden Bürste verbunden und kann zusammen mit dieser gedreht werden.
- Die Zahnräder greifen in einen am Kopf befestigten, feststehenden Zahnkranz ein, so dass bei Drehung des Speichenrades die Zahnräder und mit ihnen die Bürsten rotieren.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, dass innerhalb des Saugkopfes Abstreifvorrichtungen angebracht sind, die anhaftenden Staub von den Rundbürsten bei deren Drehung entfernen.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Arm als Teleskoparm ausgeführt ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Arm einen rechteckförmigen Querschnitt aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Antrieb der Reinigungseinrichtung über eine Welle durch einen Motor erfolgt, der auf der Grundfläche der Vorrichtung angebracht ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Zahnkranz oberhalb der Zahnräder angebracht ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass am äußeren Rand des Speichenrades ein schräg nach außen weisender Borstenkranz angeordnet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 28 der PCT-Anmeldung 'Haushaltsroboter zum automatischen Staubsaugen von Bodenflächen', Aktenzeichen PCT/DE 99/02276, oder nach Anspruch 8 dieser Anmeldung, dadurch gekennzeichnet, dass unterhalb des Saugarms eine Abstreifeinrichtung angebracht ist, die anhaftenden Staub bei Drehung des Speichenrades von dem äußeren Borstenkranz entfernt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die äußeren Borsten der Rundbürsten schräg nach innen in Richtung Achse des Speichenrades weisen, um den Kopf an Teppichkanten und ähnlichen flachen Stufen leicht anheben zu können.

11. Vorrichtung nach Anspruch 28 der PCT-Anmeldung 'Haushaltsroboter zum automatischen Staubsaugen von Bodenflächen', Aktenzeichen PCT/DE 99/02276, dadurch gekennzeichnet, dass am Kopf eine Reinigungseinrichtung mit folgenden Merkmalen angeordnet ist:

- Unterhalb des Kopfes ist ein Speichenrad angebracht, das über seine senkrecht stehende Achse angetrieben wird, und durch das der Luftstrom mit dem gelösten Staub geleitet wird.

- Am äußeren Umfang dieses Rades sind mehrere Zahnräder mit senkrechten Achsen drehbar gelagert befestigt.

- Mit jedem dieser Zahnräder ist jeweils eine Tellerbürste verbunden, die bei Drehung des entsprechenden Zahnrades ebenfalls in Drehung versetzt wird.

- Die Zahnräder greifen in einen feststehenden Zahnkranz ein, so dass bei Drehung des Speichenrades die Zahnräder und mit ihnen die Bürsten sowohl um die Achse des Speichenrad umlaufen als auch gleichzeitig um ihre eigene Achse rotieren.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Zahnkranz mit nach innen weisenden Zähnen außerhalb des Umlaufkreises der Zahnräder angebracht ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Zahnkranz mit nach außen weisenden Zähnen innerhalb des Umlaufkreises der Zahnräder angebracht ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine runde Blende zur Führung des Luftstromes unterhalb des Speichenrades befestigt ist und mit diesem umläuft.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der äußere Umfang der Blende diagonal

verlaufende Wülste oder Lamellen aufweist, um an den Bürsten anhaftenden Staub während der Bürstendrehung nach unten abzustreifen.

16. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Achsen der Tellerbürsten so geführt werden, dass nur die jeweils nach innen in Richtung der Achse des Speichenrades laufenden Borsten Kontakt mit der Bodenfläche haben.

17. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung zwischen den Zahnradern und den Tellerbürsten momentenschlüssig so erfolgt, dass die Achse jeder Bürste gegen die des entsprechenden Zahnrades in beliebiger Richtung um einen bestimmten Winkel verschwenkt werden kann.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Tellerbürsten oben mit einer Wanne abschließen, an deren flexiblen Deckel die jeweilige Zahnradachse mittig befestigt ist, um hierdurch eine elastische Verschwenkung der Tellerbürsten gegen die jeweilige Zahnradachse zu ermöglichen.

19. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Tellerbürsten oben mit einer Wanne abschließen, die an ihrem oberen Rand von mehreren federnden Streifen überspannt wird, an deren Schnittpunkt mittig die jeweilige Zahnradachse befestigt ist, um hierdurch eine elastische Verschwenkung der Tellerbürsten gegen die jeweilige Zahnradachse zu ermöglichen.

20. Vorrichtung nach Anspruch 35 der PCT-Anmeldung, 'Haushaltsroboter zum automatischen Staubsaugen von Bodenflächen', Aktenzeichen PCT/DE 99/02276, oder nach Anspruch 6 dieser Anmeldung, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebswelle in einer Vertiefung des Saugarms geführt wird.

21. Vorrichtung nach Anspruch 35 der PCT-Anmeldung, 'Haushaltsroboter zum automatischen Staubsaugen von Bodenflächen', Aktenzeichen PCT/DE 99/02276, oder nach Anspruch 6 dieser Anmeldung, dadurch gekennzeichnet, dass die momentenschlüssige Verbindung zwischen der Antriebswelle und der Achse des Speichenrades über ein Kegelgetriebe erfolgt.

22. Vorrichtung nach Anspruch 27 der PCT-Anmeldung, 'Haushaltsroboter zum automatischen Staubsaugen von Bodenflächen', Aktenzeichen PCT/DE 99/02276, dadurch gekennzeichnet, dass am ausfahrbaren Arm Gewichte so angebracht sind, dass die Auflagekraft des Kopfes unabhängig von der Ausfahrlänge des Armes wird.

23. Vorrichtung nach Anspruch 27 der PCT-Anmeldung, 'Haushaltsroboter zum automatischen Staubsaugen von Bodenflächen', Aktenzeichen PCT/DE 99/02276, dadurch gekennzeichnet, dass der Behälter zur Aufnahme des Staubes zentriert über den Radachsen des Sagers so angebracht wird, dass die Auflagekraft des Saugkopfes unabhängig vom Füllungsgrad des Staubsammelbehälters ist.

24. Verfahren zur Bestimmung des von einer selbständig arbeitenden Reinigungsvorrichtung mit einem Bürstenantrieb, insbesondere einer Vorrichtung nach den Ansprüchen 27 bis 39 der PCT-Anmeldung 'Haushaltsroboter zum automatischen Staubsaugen von Bodenflächen', Aktenzeichen PCT/DE 99/02276, oder nach den vorherigen Ansprüchen dieser Anmeldung, zu reinigenden Bodenbelages, dadurch gekennzeichnet, dass die Leistungsaufnahme oder die Drehzahl des Bürstenantriebes bzw. die Änderung eines dieser beiden Parameter zur Bestimmung der Rauigkeit des Untergrundes



und damit zur Erkennung des Bodenbelages ausgewertet wird, und dass je nach Bodenbelag die Leistung des Bürstenantriebs bzw. des Saugmotors geeignet eingestellt wird.

25. Verfahren nach Anspruch 1 der PCT-Anmeldung 'Haushaltsroboter zum automatischen Staubsaugen von Bodenflächen', Aktenzeichen PCT/DE 99/02276, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Auswahl der jeweils nächsten Position für den Sauger die folgenden Schritte ausgeführt werden:

- Für alle noch nicht als gesaugt markierten und vom Sauger erreichbaren Positionen wird die jeweils erstmalig saugbare Fläche, der Abstand vom jeweils aktuellen Saugerstandort sowie der Abstand zu einem Referenzpunkt ermittelt.
- Aus diesen Parametern wird mittels einer Bewertungsfunktion für jede Position eine Wertzahl berechnet, wobei jeder dieser Parameter individuell gewichtet werden kann.
- Als jeweils nächste Position für den Sauger wird je nach Bewertungsfunktion diejenige Position mit der höchsten bzw. niedrigsten Wertzahl ausgewählt.

26. Verfahrens nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass der Startpunkt des Saugers als Referenzpunkt verwendet wird.

27. Verfahrens nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzpunkt immer dann auf den aktuellen Saugerstandort gesetzt wird, falls die zurückgelegte Distanz von der vorherigen zur jeweils aktuellen Position des Saugers eine festgelegte Schwelle überschreitet.

28. Verfahrens nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzpunkt immer dann auf den aktuellen Saugerstandort gesetzt wird, falls der Abstand des Saugers vom Referenzpunkt eine festgelegte Schwelle überschreitet.

29. Verfahrens nach Anspruch 2 der PCT-Anmeldung 'Haushaltsroboter zum automatischen Staubsaugen von Bodenflächen', Aktenzeichen PCT/DE 99/02276, dadurch gekennzeichnet, dass zur Speicherung der abgetasteten Flächen die folgenden 4 Stati verwendet werden:

- Der Status '0' ist der Initialwert beim Start des Sauger, der überschrieben wird, sobald der Sauger die entsprechenden Koordinaten erstmalig abgetastet hat. Dieser Status wird ebenfalls verwendet, um einen Punkt als mögliche neue Saugposition zu kennzeichnen.
- Der Status '1' markiert gesaugte Flächenbereiche, die kein Hindernis für die Bewegung des Saugers darstellen.
- Der Status '2' markiert Positionen einer ersten Kategorie von Hindernissen, beispielsweise von Wänden, Kanten oder ähnlichem, die vom Kopf des Saugers oder zumindest vom Sauger selbst nicht passiert werden können, aber nicht zum Absturz des Saugers führen.
- Der Status '3' markiert Positionen einer zweiten Kategorie von Hindernissen, z. B. von Stufen, Versetzungen oder ähnlichem, die vom Stufensensor erfasst wurden und deren Missachtung zum Absturz des Saugers führen kann.

30. Verfahrens nach Anspruch 1 der PCT-Anmeldung, 'Haushaltsroboter zum automatischen Staubsaugen von Bodenflächen', Aktenzeichen PCT/DE 99/02276, und nach Anspruch 29 dieser Anmeldung, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Auswahl einer neuen Position für

die Vorrichtung nur solche Positionen berücksichtigt werden, die im Datenfeld mit dem Status '0' markiert sind.

31. Verfahrens nach Anspruch 2 der PCT-Anmeldung 'Haushaltsroboter zum automatischen Staubsaugen von Bodenflächen', Aktenzeichen PCT/DE 99/02276, dadurch gekennzeichnet, dass zur Speicherung der abgetasteten Bodenfläche zwei Datenfelder mit unterschiedlicher Rasterauflösung verwendet werden, wobei das Datenfeld mit der geringeren Auflösung zur Speicherung der Stati der Gesamtfläche und das Datenfeld mit der höheren Auflösung zur Speicherung der Stati der jeweils aktuellen Teilfläche dient.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 26 bis 28 und nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Speicherung der abgetasteten Fläche die folgenden Schritte ausgeführt werden:

- Solange der aktuelle Referenzpunkt unverändert bleibt, werden die Stati der abgetasteten Fläche in dem zweidimensionalen Feld mit der höheren Auflösung markiert.
- Jedesmal wenn der Referenzpunkt verschoben wird, erfolgt die Übertragung der Abtastinformation in das Feld mit der geringeren Auflösung.
- Anschließend wird das hochauflösende Feld gelöscht und steht zur Speicherung der Umgebung des neuen Referenzpunktes erneut zur Verfügung.

33. Verfahrens nach Anspruch 1 der PCT-Anmeldung, 'Haushaltsroboter zum automatischen Staubsaugen von Bodenflächen', Aktenzeichen PCT/DE 99/02276, und nach Anspruch 31 dieser Anmeldung, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Auswahl einer neuen Position für die Vorrichtung durch Auswertung der gespeicherten Umgebungsinformation in beiden Datenfeldern sichergestellt wird, dass die neue Position von der Vorrichtung auf dem geplanten Weg erreichbar ist, wobei nur Bereiche überfahren werden dürfen, die bereits abgetastet wurden und nicht als Hindernis markiert sind.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

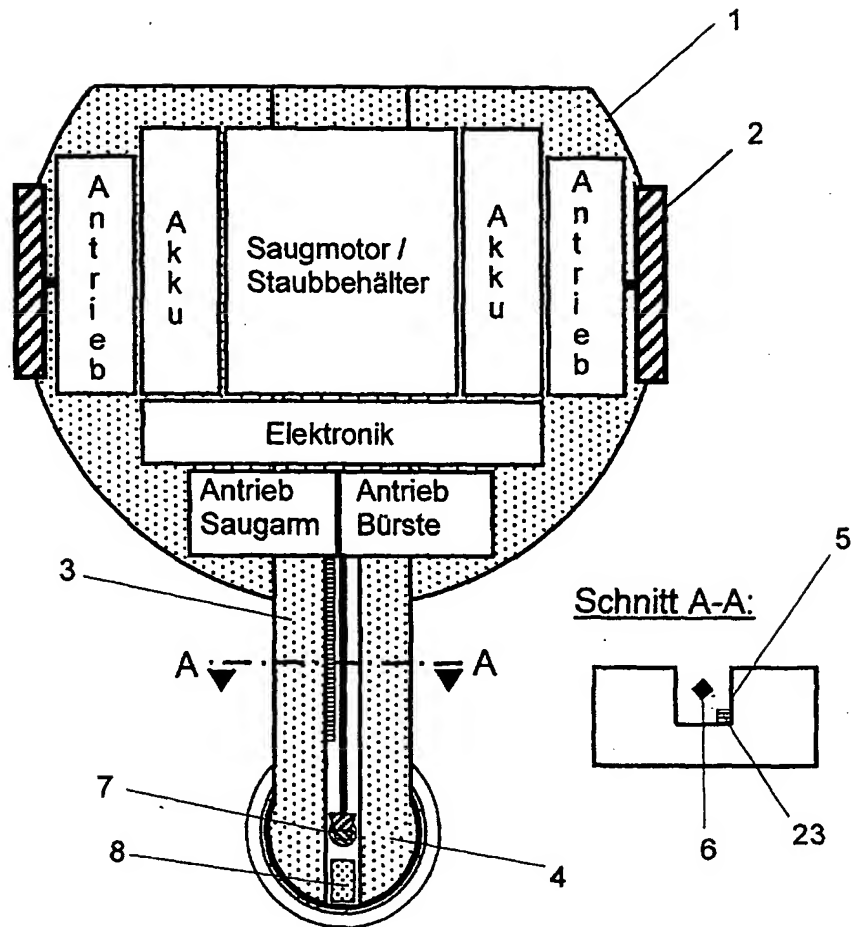


Abb. 1

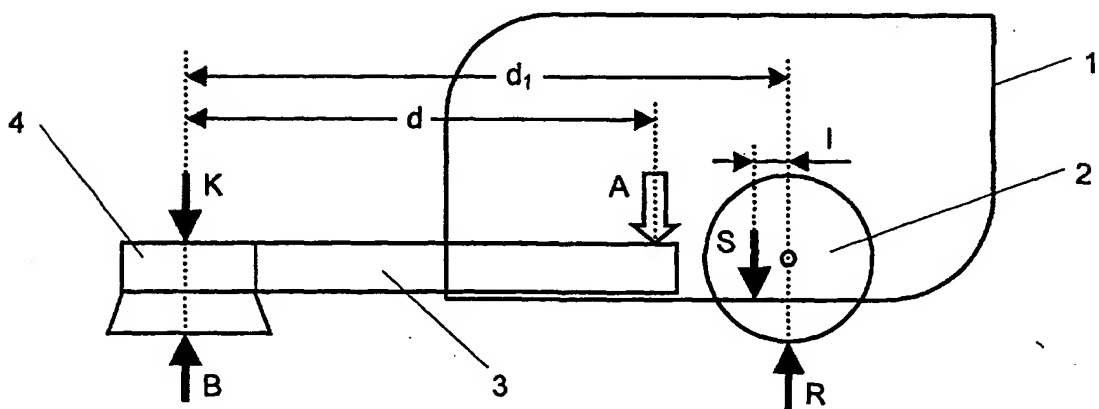


Abb. 2

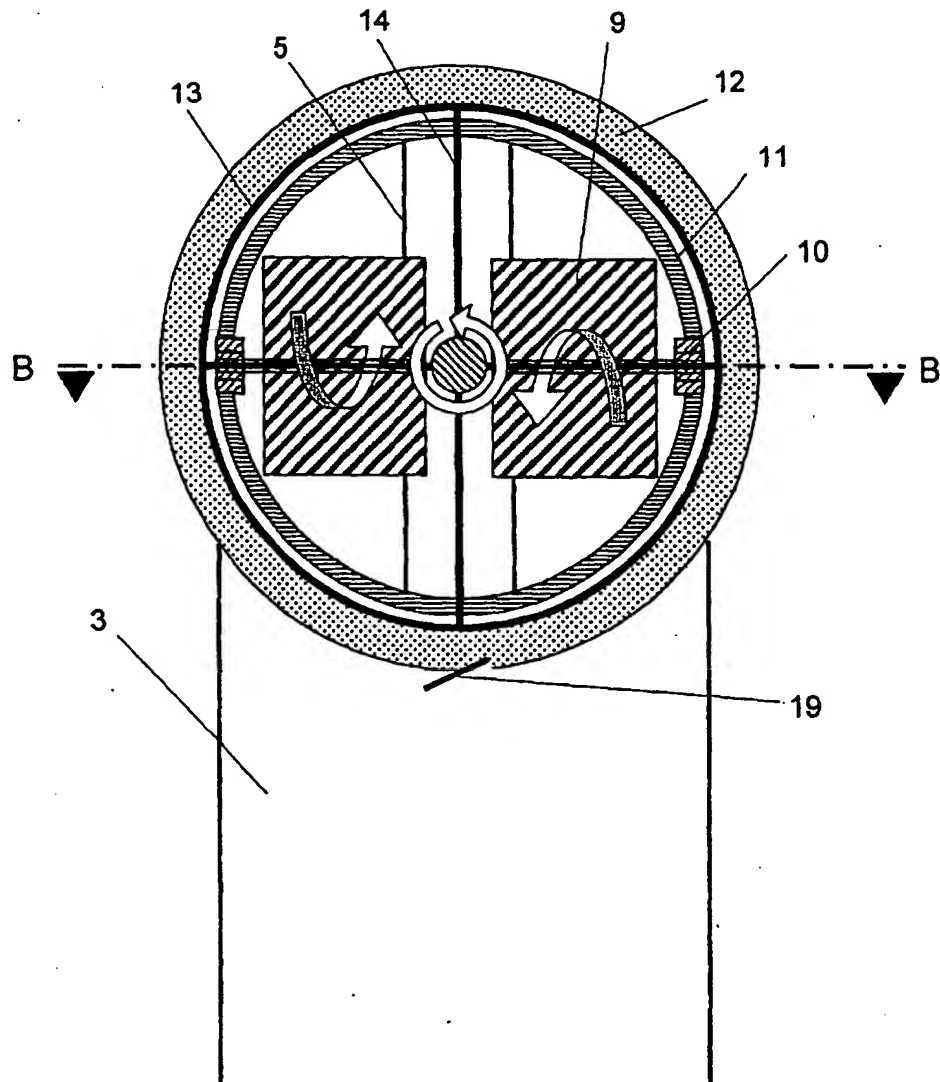


Abb. 3

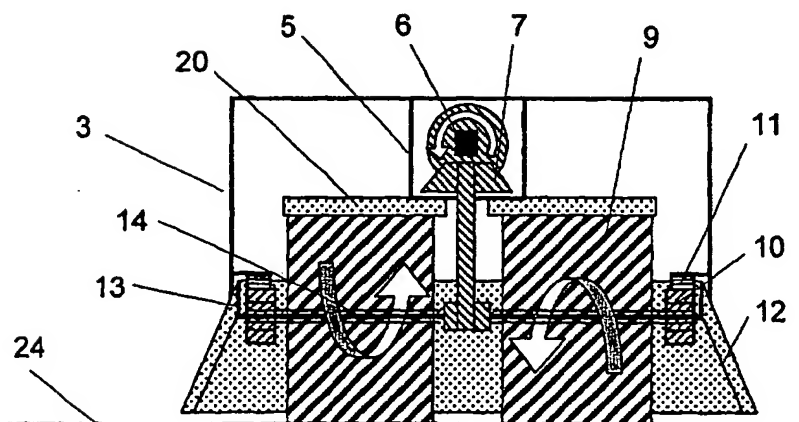


Abb. 4

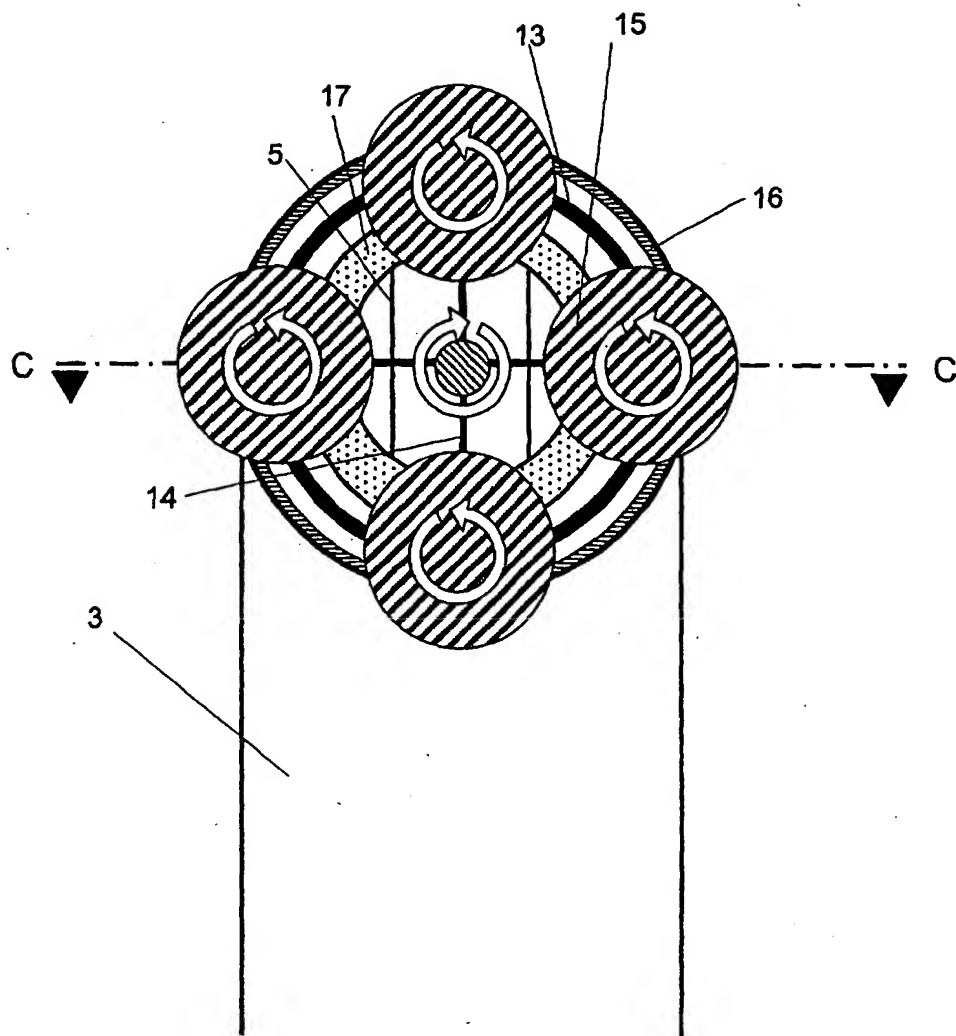


Abb. 5

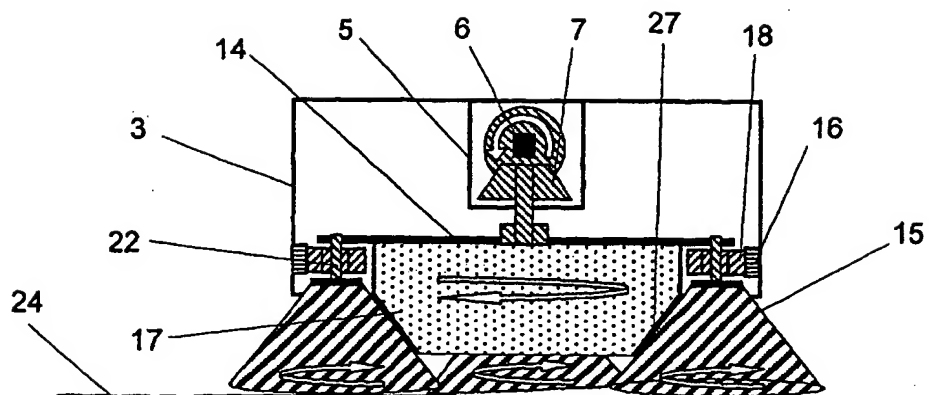


Abb. 6

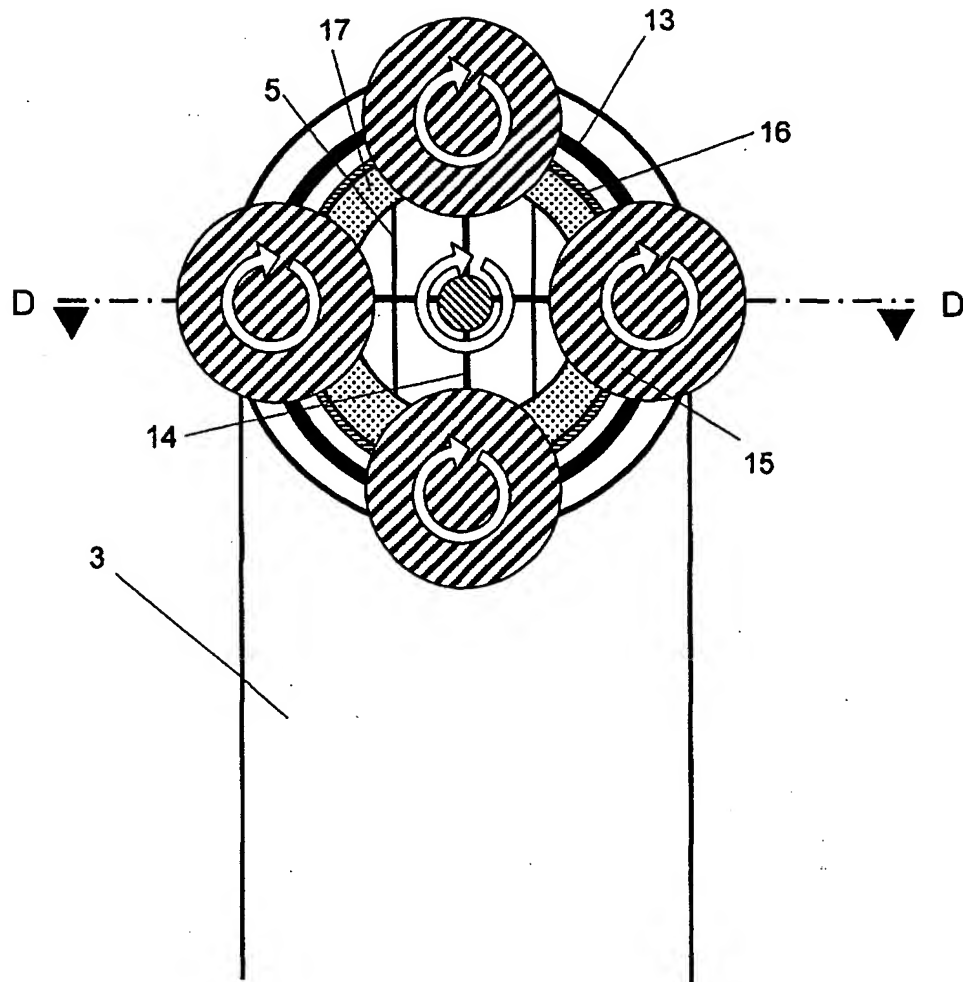


Abb. 7

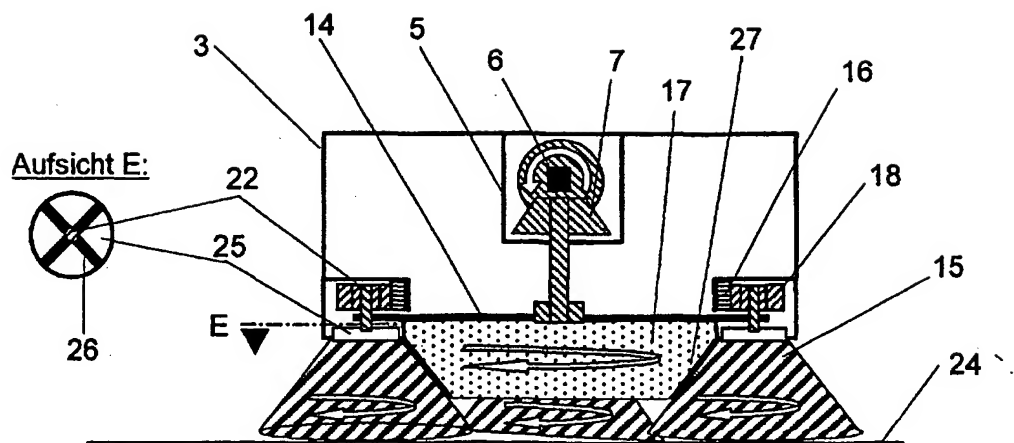


Abb. 8



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**